This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Harmsen

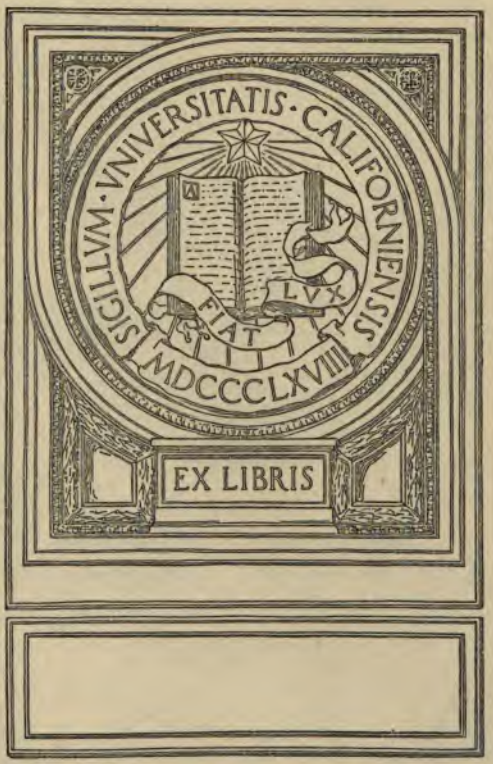
TL
705
H3

UC-NRLF

$B 317 239

TL705 H3

YB 53880


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
LVX
FIAT
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

Stockton, Calif.

1.20 Mark

Klasings Flugtechnische Sammlung.

Band 9

Der Propeller.

Von Flugzeugführer Harmsen,
Dipl.-Ing. für Schiffbau, Leutnant
d. Landwehr I der Fliegertruppen.

1918 ✣ Verlag Klasing & Co. ✣ Berlin W 9

PALLAS VERGASER

Fordern Sie die neuesten Druckschriften von der

PALLAS VERGASER GESELLSCHAFT M.B.H.

CHARLOTTENBURG 4 WILMERSDORFERSTR. 85

Sieger im internationalen Vergaserwettbewerb des Kgl. Preuss. Kriegsministeriums.

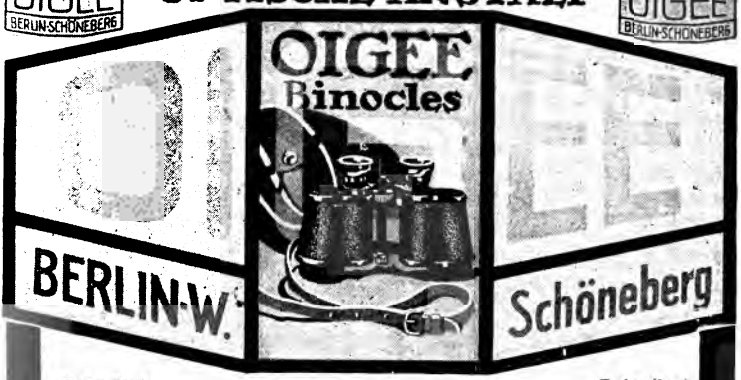
BEI JEDEM BRENNSTOFF

AN JEDEM MOTOR

OIGEE BERLIN-SCHÖNEBERG

OPTISCHE ANSTALT

OIGEE BERLIN-SCHÖNEBERG



Prämiiert Patentiert

Optische Beobachtungs- und Ziel-Instrumente

Vieltausendfach im amtlichen Gebrauch.
Im anstrengendsten Kriegsdienst
hervorragend bewährt!

Optische OIGEE BERLIN-SCHÖNEBG Anstalt

Nähere Angaben auf Anfrage.

AXIAL-PROPELLER

sind wegen ihrer unübertrefflichen Leistungsfähigkeit die erfolgreichsten und begehrtesten Luftschrauben der Gegenwart.

Axial Propeller-Fabrik G.m.b.H.
Berlin O. 34, Warschauerstr. 58 u. 59
Telephon: Alexander 1569 u. 1588
Telegramm-Adresse: **Axial-Berlin**

Klasings flugtechnische Bücher

Die Fliegerschule

Bd. 9

Der Propeller

Von

Flugzeugführer Harmsen,

Dipl.-Ing. für Schiffbau, Leutnant der Landwehr I der Fliegertruppen

1918

Verlag Klasing & Co., G. m. b. H. ◆ Berlin W 9

113

UNIV. OF CALIFORNIA

Copyright 1918 by Klasing & Co., G. m. b. H., Berlin W 9.

Inhaltsverzeichnis.

Begriff und Wesen der Luftschraube 7
Grundelemente der Luftschraube 7
Wirkungsweise der Luftschrauben und Bedeutung der Grundelemente für die Wirkungsweise 9
Berechnung und Konstruktion der Luftschraube 17
Festigkeit der Luftschrauben 18
Materialverwendung zum Bau von Luftschrauben 20
Bau von Luftschrauben 25
Die Luftschraube am Flugzeug 30
Prüfung der Luftschrauben im Fluge 36
Behandlung der Luftschrauben 38

M170850

...se, N. Y.

Begriff und Wesen der Luftschraube.

Die Kraft eines Motors muß durch eine geeignete Vorrichtung bei jedem Verkehrsmittel in Geschwindigkeit umgesetzt werden. Die Geschwindigkeit muß dabei einen wirtschaftlichen Betrieb gewährleisten, wenn die ganze Anlage als Verkehrsmittel Verwendung finden soll. Die Bedingungen im Flugzeugbau sind im Prinzip die gleichen wie im Schiffbau. Die Verhältnisse lassen sich annähernd übertragen und man hat für das Flugzeug die Luftschraube als Triebwerk aus dem Schiffbau übernommen. Die Luftschraube ist eine mechanische Vorrichtung, durch welche die Dreharbeit des Motors in Zug- und Schubarbeit am Flugzeug umgesetzt wird. Der Schraubenschub oder Zug ist dabei die Kraft, mit welcher die Schraube das Flugzeug in der Richtung der Schraubenwelle antreibt. Im Fluge muß sich je nach der Beschaffenheit des Flugzeuges die Geschwindigkeit einstellen, bei der Flugzeugwiderstand und Schraubenschub sich die Wage halten.

Grundelemente der Luftschraube.

Die Drehkraft eines Motors wird bei einer Luftschraube von der Nabe, die Zug- und Schubkraft von den Schraubenblättern aufgenommen. Die Luftschraube unterteilt sich damit selbst in die Nabe und die Schraubenblätter (Abb. 1).

Die Nabe ist ein runder, stark ausgebildeter Körper, an den sich in geeigneter Weise die Schraubenblätter ansetzen. Sie bildet den verbindenden Teil des Motors mit der eigentlichen Schraube und muß fest ausgebildet und den Kräften des Motors entsprechend durchkonstruiert werden. Die Dimen-

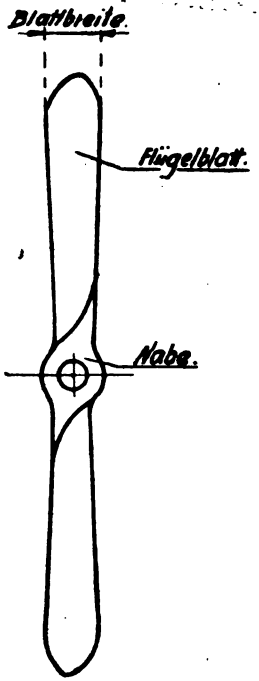


Abb. 1.

sionen, Durchmesser und Höhe der Nabe, spielen in ihrer Konstruktion die Hauptelemente.

Für die Zugkraft und damit für die Wirkungsweise der Luftschraube spielt die Form der Schraubenblätter die grundlegende Rolle. Diese enthalten auch in sich die Hauptelemente einer Luftschraube, die rechnerisch festgelegt werden müssen:

1. Durchmesser, das ist die Entfernung der äußeren Flügelenden voneinander.
2. Blattbreite, das ist größte Breite des Schraubenblattes.
3. Steigung der Druckseite, das ist der Anstellwinkel des Schraubenblattes zur horizontalen Nabe (zur Drehebene).

Für die Festlegung der Grundelemente einer Luftschraube ist neben den allgemeinen Konstruktionsbedingungen des Motors und Flugzeugs von Bedeutung:

a) Tourenzahl in Minuten, mit welcher die Luftschraube laufen soll.
b) Anzahl der Schraubenblätter (2,- 3-, 4-flügelig),
c) Verwendung des Materials, Festigkeit und damit Wahl der Querschnitte.

Die Formgebung selbst kann nicht berechnet werden, da wir keine Gesetze darüber kennen. Sie ist von der Praxis und den Beobachtungen des einzelnen Konstrukteurs abhängig und geht nicht in den Grundelementen rechnerisch zu berücksichtigen.

Außer diesen Grundelementen spielen bei der Konstruktion einer Luftschraube auch die Angaben eine Rolle:

1. Gängigkeit der Schraube,
2. Zug- oder Druckschraube,
3. Anordnung der Luftschraube.

Die Gängigkeit der Schraube ist die Laufrichtung (in der Fahrtrichtung gesehen), in Richtung oder entgegengesetzt der Richtung des Uhrzeigers. Der Anstellwinkel wird also das eine Mal vor dem Propeller stehend nach rechts geöffnet, mit dem Uhrzeiger laufend, das andere Mal links geöffnet.

Eine Zug- oder Druckschraube ist von der Verwendung am Flugzeug und damit auch von der Anordnung abhängig. Die Formgebung muß in der Luftschraube alsdann berücksichtigt werden, es tritt eine Verwechslung der Druck und Saugseite ein. Die Druckseite ist dabei die der Fahrtrichtung abgekehrte, die Saugseite, die der Fahrt zugekehrte Seite. Die Ausgestaltung der Druck- und Saugseite ist eine Erfahrungssache.

Wirkungsweise der Luftschrauben und Bedeutung der Grundelemente für die Wirkungsweise.

Aus den genannten Grundelementen heraus kann die Wirkungsweise der Luftschrauben veranschaulicht werden. Ihrer ganzen Wirkung und Konstruktion nach ist die Luftschraube eine richtige Schraube wie die Holz- oder Eisenschraube, nur daß die Grundelemente bedeutend größer gewählt sind. Denkt man sich bei einer Luftschraube ein Blatt solange verbreitert, bis es sich um die verlängerte Nabe ganz herumzieht, so hat man eine normale Schraube. Ist das Gewinde nun rechtsgängig wie bei einer normalen Eisenschraube, so schraubt sich die Schraube rechts herum, also im umgekehrten Sinne des Uhrzeigers weiter, linksherum ist das Umgekehrte der Fall. Die Höhe eines Schraubenganges ist alsdann die eingangs erwähnte Steigung.

Abgewickelt in einer bestimmten Entfernung würde sich, wie Abb. 2 zeigt, genau wie bei jeder Eisenschraube das Steigungsdreieck ergeben. In diesem ist die Seite A B der Weg des betreffenden Schraubenblattes in der Drehrichtung bei einer Umdrehung, also in der bestimmten Entfernung r von der Achse $= 2r\pi$, die Seite B C die Steigung H der Schraube.

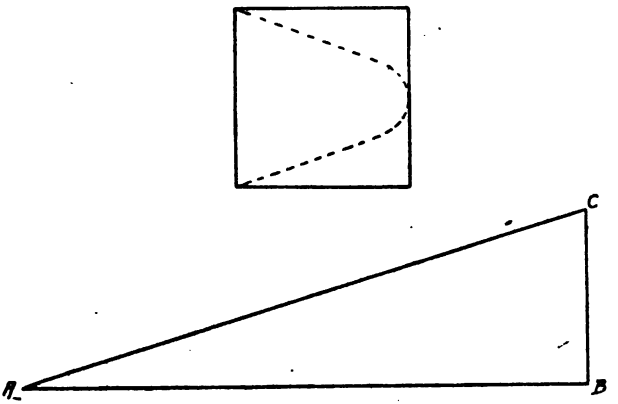


Abb. 2.

Der Winkel BAC ist der Anstellwinkel, hier Steigungswinkel genannt. Dieser Anstell- oder Steigungswinkel muß bei gleicher Steigung der Luftschraube an der Nabe am größten sein, an der Spitze am kleinsten. Dazu steht im Gegensatz die Geschwindigkeit der einzelnen Punkte. Im Mittelpunkte der Nabe ist die Geschwindigkeit Null, an der Spitze ein Maximum. Die Geschwindigkeit aller Punkte eines Blattes der Luftschraube ist verschieden.

Das Steigungsdreieck kann daher immer nur für eine bestimmte Entfernung eines Punktes von der Nabe konstruiert werden. Mit wachsendem $2r\pi$ und zunehmendem Anstell- oder Steigungswinkel bleibt jedoch die Steigung H konstant. (Siehe Berechnung und Konstruktion der Luftschraube.)

Stockton, Calif.

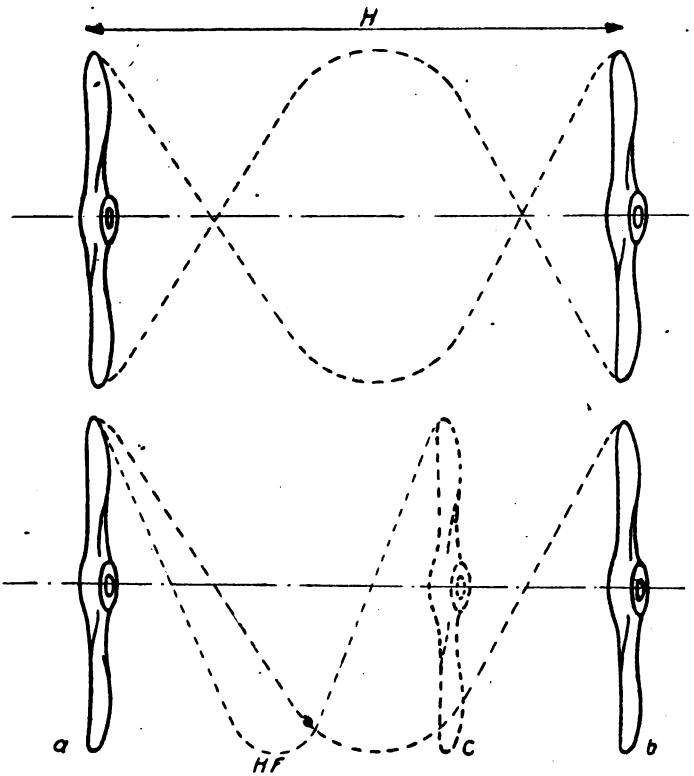


Abb. 3—4.

Die Ausbildung einer vollen Schraube, wie vordem beschrieben, ist für die Wirkung in der Luft sehr ungünstig, nicht wie manche Erfinder glauben, günstig. Die Luftschraube ist daher nur als ein Teil des Schraubenganges ausgebildet. Eine zweiflügelige Schraube wird 2 Schraubengänge bilden, eine dreiflügelige wird dreigängig sein (Abb. 3—4). Mit den einzelnen Schraubenblättern wird sich die Luftschraube in die Luft gleich einer Eisenschraube in Holz einschrauben.

Die Luft ist jedoch ein dünnerer Stoff als Holz, sie ist nachgiebig, wie auch Wasser und Sand, so geben auch die Schraubenblätter teilweise nach und weichen unter Ausübung eines gewissen Gegendruckes nach hinten aus. Dieser Druck verleiht der Schraube in der Luft den erforderlichen Halt, wie auch z. B. der Schwimmer am zurückgedrückten Wasser mit den Handflächen Halt findet. Um dieses Stück des Zurückweichens der Luft bleibt die Schraube hinter ihrer Bahn zurück. Die Steigung H wird also nicht voll ausgenützt, der Fortschritt des Flugzeugs durch die Luftschraube muß kleiner sein. Gegenüber der Steigung H können wir also eine Fahrtsteigung HF bestimmen. Abbild. 4 veranschaulicht das Gesagte für die Umdrehung der Schraube. Würde eine Luftschraube sich im festen Stoff bewegen, so würde sie sich von a nach b schrauben; sie schraubt sich in Wirklichkeit von a nach c, wobei die Luft um das gleiche Stück hinter a zurückgedrängt wird. Das Spiel wiederholt sich bei jeder Umdrehung. Die Strecke c b nennt man Schlüpfung der Schraube diese Schlüpfung wird in Prozenten der eigentlichen Bahn ausgedrückt.

Für verschiedene Luftschrauben kann natürlich am gleichen Flugzeug die Fahrtsteigung HF größer oder kleiner sein, der Schlupf klein oder groß werden. Das bedeutet natürlich eine Steigerung bzw. einen Verlust der Schraubenleistung. Die Schraubenleistung muß jedoch mit der Motorleistung im Einklang stehen. Das Verhältnis dieser beiden gibt den Nutzeffekt. Der Wirkungsgrad einer Luftschraube wird also in dem Bruch $\frac{\text{Schraubenleistung}}{\text{Motorleistung}}$ erkannt.

Auch in den zurückgelegten Wegen kann der Wirkungsgrad erkannt werden. HF bedeutet die Fahrtsteigung, H die Steigung. Zu beiden Steigungen gehören bestimmte Marschleistungen. Zu HF die erreichte Marschleistung, zu H die konstruktive Marschleistung. Der Wirkungsgrad der Luftschraube läßt sich auch erkennen in $\frac{\text{erreichte Marschleistung}}{\text{konstruierte Marschleistung.}}$

Außer der Steigung H, der Fahrtsteigung HF kann man noch von der wirksamen Steigung Hw sprechen. Die vorher bezeichnete Saugseite unterstützt mehr oder weniger die Wirkung der Druckseite und damit die in derselben zur Geltung gebrachten Steigung H (Abb. 5). Je größer die Saugwirkung, desto größer ist die wirksame Steigung im Verhältnis zur Steigung H. So kommt es, daß Schrauben mit stark gewölbter

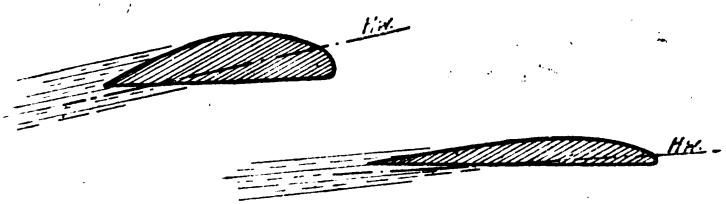


Abb. 5.

Saugseite und schmalen Blättern, Schmalblattschrauben, starke Saugwirkung und daher eine große wirksame Steigung haben.

Die Bedeutung der wirksamen Steigung wird für die Wirkungsweise der Luftschraube an folgendem klar:

Der von der Fahrtsteigung und der wirksamen Steigung eingeschlossene Winkel ergibt den Arbeitswinkel. Es wird nun ersichtlich, daß mit zunehmender HF der Arbeitswinkel verkleinert wird und damit zusammen der Schlupf sich verringert. Die Schraube wird, da sich nunmehr der Widerstand verringert, größere Touren annehmen. Bei abnehmenden HF erscheint das umgekehrte Bild.

Ein Beispiel für diesen Fall ist im Nachfolgenden dargestellt. Es ist dabei ein Schmalblatt- und Breitblattpropeller mit verschiedenen wirksamen und Fahrtsteigungen verglichen.

In Abb. 6 ist ein Schmalblatt- und ein Breitblattprofil mit ein und derselben Steigung gezeichnet. Die Dreieckfigur stellt eine Schraubengangsabwicklung dar: Die Ganghöhe kann man also auch als Geschwindigkeitsgrößen ansehen.

Es sei nun für das Breitblatt

A D = wirksame Steigung,

A C = eine Geschwindigkeit für Geradeausflug,

dann ist

C D = Schlupf für Geradeausflug.

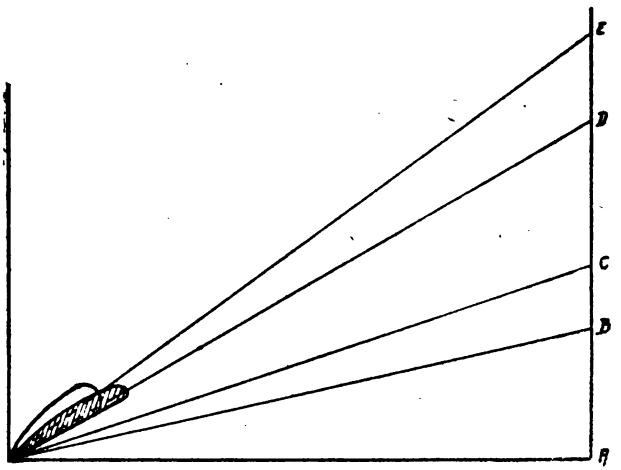


Abb. 6.

Diesem Schlupf entspricht eine bestimmte Drehzahl. Wird das Flugzeug gezogen, d. h. die Geschwindigkeit wird kleiner z. B.

A B = Geschwindigkeit beim Steigen,

demnach

B D = Schlupf beim Steigen.

Das Stück B C ist die Größe der Schlupfänderung. Sie ist im Verhältnis zum ganzen Schlupf im Geradeausflug groß, entsprechend ist die Drehzahländerung vom Geradeausflug bis zum Ziehen auch groß, d. h. die Schraube hat viel aufgeholt.

Drückt man das Flugzeug, das heißt die Geschwindigkeit wird größer z. B. A E, so bleibt als Schlupf das sehr kleine Stück G D. Die Drehzahl wächst so stark, daß der Flugzeugführer das Gas abstellen muß.

Stellt man dieselbe Betrachtung für das Schmalblatt an, so ist:

A E = wirksame Steigung,

A C = Geschwindigkeit beim Geradeausflug,

C E = Schlupf beim Geradeausflug,

A B = Geschwindigkeit bei gezogenem Flugzeug,

B E = Schlupf bei gezogenen Flugzeug,

B C = Schlupfänderung (so groß wie bei dem Breitblatt).

Im Vergleich zum Schlupf C E beim Geradeausflug ist B C jedoch viel kleiner, d. h. die Drehzahländerung ist sehr gering; die Schraube holt sehr wenig auf. Wird wiederum die Maschine gedrückt, so erhöht sich die Geschwindigkeit z. B. bis G. Es bleibt als Schlupf immer noch ein verhältnismäßig großes Stück C E übrig; das Aufholen ist demnach bei wenig gedrücktem Flugzeug so gering, daß der Führer das Gas nicht abzustellen braucht; die Schraube entwickelt noch Zugkraft, die die Geschwindigkeit des Flugzeuges erhöht. Die wirksame Steigung bestimmt also die Tourenzahl im Fluge.

Umgekehrt muß man von einer bestimmten Tourenzahl auf die wirksame Steigung schließen und damit auf die Formgebung der Luftschraube.

Es ist falsch, zu glauben, daß eine hohe Umdrehungszahl der Schraube besser sei. Allgemein erhöht sich der Nutzeffekt einer Schraube, sofern sie in ihrer Steigung dafür konstruiert ist mit Abnahme der Tourenzahl. Allerdings soll man nicht unter eine gewisse Drehzahl, die bei Schnelläufern 1400 beträgt, heruntergehen, da dann die Leistung des Motors nachläßt.

Für Steigung und Tourenzahl lassen sich folgende Gesichtspunkte nach allem aufstellen.

1. Die Steigung ist entsprechend der Tourenzahl zu wählen. Langsam laufende Schrauben müssen höhere Steigung haben als schnell laufende.
2. Die Steigung ist nach Geschwindigkeit des Flugzeuges zu bemessen.
3. Die Steigung ist vom Gewicht des Flugzeugs abhängig.

Der Durchmesser ist für die Wirkungsweise und damit den Wirkungsgrad von gleicher Bedeutung, wie die Tourenzahl und die vorgenannten Erörterungen über die Steigung. Es ist eine alte Tatsache, daß im Luftschraubenbau ein großer Durchmesser bisher das beste Resultat zeitigte. Man wird also möglichst an die Grenze herangehen. Die Schraube ist alsdann so groß zu konstruieren, bis sich konstruktive Schwierigkeiten dem in den Weg stellen. Begrenzt ist der Durchmesser durch das Fahrgestell oder bei Druckpropellern durch die Höhe der Motorgondel vom Erdboden. Ausschlaggebend ist jedoch auch die Tourenzahl des Propeller. Über bestimmte Umfangsgeschwindigkeiten herauszugehen erscheint zwecklos.

Rückwirkend ist bei der Wahl des Durchmessers auch die Anzahl der Flügelflächen. Vierflügelige Schrauben wählt man bisher meist nur dann, wenn man den Durchmesser nicht groß genug unterbringen kann. Bei untersetzten Drehzahlen ergeben sich zumeist auch für mehrflügelige Propeller günstigere Konstruktionsbedingungen. In großen Höhen erscheint der mehrflügelige Propeller vor allem in vielem günstiger.

Bei den Hauptelementen würde auch noch die Breite des einzelnen Flügels zu bemessen sein. Sie richtet sich rein empirisch nach dem Durchmesser und ist unabhängig von der Anzahl der Schraubenblätter. Wie vorher erwähnt, richtet sich dies freilich nach dem Zweck des Propellers, und man kann Schmalblatt- oder Breitblattpropeller bauen.

Stockton, Calif.

Berechnung und Konstruktion der Luftschraube.

Grün ist des Lebens goldener Baum, grau ist alle Theorie. Bei den so gering festgelegten Stromverhältnissen, die sich nicht so einfach in Gesetze zwingen lassen, ist natürlich auch eine mathematische Festlegung schwer. Rechnerisch kann man daher im Luftschraubenbau wenig vorgehen. Die Wahl der Hauptdimensionen kann kleine Rechnungen der Drehkraft und Tourenzahl des Motors entsprechend einschließen. Meistens

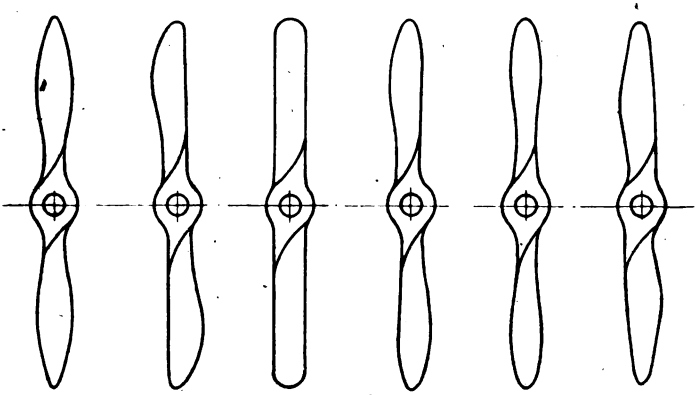


Abb. 7.

wird man aber die praktische Erfahrung heranziehen. Den Durchmesser wird man nach dieser annehmen. Die Steigung wird unter Zugrundelegung der Geschwindigkeit berechnet mit Rücksicht auf die Schlupfverhältnisse. Die Breite wird sich aus dem Durchmesser und der Tourenzahl ergeben.

Unter Zugrundelegen dieser Hauptdaten muß die Luftschraube konstruiert werden. Das Steigungsdreieck geht zu entwickeln und man kann die einzelnen Steigungen am Durchmesser festlegen. Nach diesen richtet sich alsdann die Konstruktion. In der Steigung der Druckseite ist die Grundlage für die Konstruktion der Luftschraube gefunden. Der Konstrukteur kann nunmehr die äußere Form entwickeln.

Diese ist außerordentlich mannigfaltig gestaltet worden. Im Längsriß unterscheidet sich jede bestehende Konstruktion. Die Breitenverhältnisse allein ergeben schon ein vollkommen verschiedenes Bild bei den verschiedenen Luftschrauben. In Abb. 7 sind eine Reihe von Luftschrauben im Längsriß aufgezeichnet. Die verschiedenen Formen zeigen die Durchentwicklung der im vorigen Kapitel gekennzeichneten Gedanken.

Noch verschiedener sind die Querschnitte, die abhängig von dem Längsriß der Schraube und der Dicke des Schraubenblattes zu entwickeln sind. Neben einer erfahrungsgemäßen Konstruktion derselben geht bei diesen Querschnitten die Festigkeitsberechnung Hand in Hand. Von der Dicke der einzelnen Flügel, von der Aufnahme des Zuges des einzelnen Blattes ist recht viel abhängig. Es ist dabei nicht gleich gesagt, daß der Flügel brechen soll. Es kann sich schon bei niedrigen Touren wegen der zu kleinen Querschnitte ein Flattern bemerkbar machen. Der Propeller scheidet damit für den Gebrauch am Flugzeug aus.

Für die Konstruktion ist damit auch die Bauweise maßgebend. Im Kapitel Bau von Luftschrauben ist darauf verwiesen.

Festigkeit der Luftschrauben.

Ein Hauptfaktor in der Berechnung der Luftschrauben und daher ein Kapitel für sich ist die Festigkeit der Propeller. Wie oft kommt durch Zerspringen des Propellers ein Flugzeug zu Schaden. Die bei solchen Schäden auftretenden frei werdenden Kräfte werden so groß, daß oft der Motor aus dem Fundament gerissen wird, falls der Führer nicht gleich die Maschine abstellt. Auch beim Probelauf auf Stand sind oft Schäden herbeigeführt, z. B. durch abfliegende Splitter Leute verletzt worden. Gerade im Stand ist die Beanspruchung am größten, so daß man da auch am vorsichtigsten sein sollte. Der Schlupf ist 100 Prozent. Alles geht in Wirbelverlusten verloren.

Es ist daher wiederum für die Probe des Propellers von Vorteil, ihn vor dem Flug mit vollen Touren laufen zu lassen. Oft hat sich schon dabei gezeigt, daß der Propeller nicht einwandfrei ist und größere Schäden sind vermieden worden.

Bei den Konstruktionsverhältnissen muß Rücksicht genommen werden auf die Beanspruchung und Festigkeit gegen Zerreißen, Durchbiegen und Verdrehen. Bei den hohen Umdrehungszahlen $n = 1500 - 1600$ Touren treten natürlich Zentrifugalerscheinungen auf, die recht erheblich werden. Der kleinste Fehler in der Ungleichheit der Schraubenflügel, der Ausbalancierung kann natürlich Kräfte frei machen, die den angeführten Rechnungen gemäß bis zu 40 000 kg wachsen können.

Die Durchbiegung durch den immer größer werdenden Schub mit Wachsen der PS. und der Größe der Maschinen wird auch ständig wachsen.

Zuletzt ist auch mit einem Verdrehen des Propellerblattes in sich zu rechnen. Das Blatt stellt sich im Flattern bei einer gewissen Tourenzahl von selbst in eine Steigung ein. Es wird ein Verdrehen erreicht.

Alle diese auftretenden Beanspruchungen bedingen gesunde Konstruktionen. Im Aufbau des ganzen Propellers, in der Lagerung der einzelnen Lamellen kann der Propeller in seiner Konstruktion ganz verschieden versteift sein. Die Kräfte müssen durchgerechnet werden, die Auswertung muß ergeben:

a) Materialverwendung,

b) Profilgebung.

Beide Faktoren sind voneinander abhängig. Im Kapitel Materialverwendung ist näher auf die Festigkeit der in Verwendung kommenden Materialien eingegangen. Die angegebenen Beanspruchungen verlangen eine genaue Prüfung des Materiales auf Zerreißfestigkeit, Druckfestigkeit, Biegefestigkeit und Elastizitätsmodul.

Die Zerreißfestigkeit ist die Spannung in kg/qcm, bei der mit fortgesetzter Dehnung der Bruch eines Holzstabes erfolgt.

Die Druckfestigkeit ist die Spannung, bei der der gedrückte Körper zerstört wird.

Biegefestigkeit ist die Spannung bei der ein gebogener Holzstab zum Bruch geführt wird.

Elastizität ist die Federung der Längeneinheit für die Einheit der Spannung.

Die Rechnungen für die Hölzer durch Versuche, die mit der Profilgebung Hand in Hand gehen, ergeben nun das Resultat, ob die Hölzer nach den geordneten Festigkeiten auch den Beanspruchungen genügen.

Die Profilgebung, der zweite Faktor, den Beanspruchungen durch Konstruktion gerecht zu werden, ist wiederum vom Wirkungsgrad abhängig. Hier ist ein Kompromiß zu schließen, den die Rechnung ergibt. Das Durchrechnen der Zentrifugalkräfte ergibt die Kräfte die an den gefährlichsten Stellen auftreten. Diese sind zusammen mit den Kräften, die sich im Verdrehen des Schraubenblattes bemerkbar machen, vor allem in der Profilgebung zu berücksichtigen. Die Festigkeit, die Beanspruchungen sind in jedem Falle nachzurechnen.

Materialverwendung zum Bau von Luftschrauben.

Zum Luftschraubenbau muß das verwandte Material einwandfrei sein und auch seine Verwendung fachmännisch geschehen.

Es war eigentlich das Gegebene, Stahl für die Luftschraube wie auch bei der Schiffsschraube zu verwenden. Technische Schwierigkeiten stellten sich aber dabei gleich zu Anfang in den Weg. Das bei gleicher Festigkeit höhere Gewicht war zunächst maßgebend. Bei Versuchen zeigte sich auch bald, daß das Stahlmaterial die Beanspruchungen, die im Kapitel Festigkeit von Luftschrauben genannt sind, nicht aushielten. Nun ist man daher ausnahmslos auf Holz übergegangen.

Das verwandte Holz muß vollständig trocken sein. Es muß frei von Ästen, Windbrüchen, Rissen, Splinten sein, darf weder Wurmstiche noch Gallen enthalten. Nur geringe Fehler

darin ergeben minderwertige Festigkeit im Propeller und kann zu Brüchen Veranlassung geben. Das Holz darf auch weder blau noch grün sein und darf keine Wasserstreifen aufweisen.

Zur guten Trocknung muß das im Luftschraubenbau verwandte Holz in den im Bau verwandten Lagen von 10 bis 25 mm in abgedeckten Schuppen lagern. Gegen Regen und Schnee geschützt muß es vor seiner Verwendung nur atmosphärische Feuchtigkeit noch enthalten. Künstliches, rasches Trocknen ist nicht empfehlenswert, das Holz verliert seine Eigenschaften an Biegefestigkeit, an Elastizität. Jedoch empfiehlt sich vor der Verarbeitung ein leichtes Nachtrocknen in Trockenkammern von 40—50 ° Celsius. Bei einem solchen Trocknen muß für gute Förderung von Luft zwischen den Holzlagen Sorge getragen werden. Auch Ozonförderung in den Trockenkammern wird oft verwandt.

Genügende Festigkeit muß von dem verwandten Holz verlangt werden. Wie in dem Kapitel über Festigkeit von Propellern gesagt wurde, kommt es auf gute Zugfestigkeit, Elastizität und Biegung am meisten an. Auch gute Druckfestigkeit an der Nabe muß das Holz aufweisen, um die gute Verbindung zwischen Holznabe und Eisennabe zu gewährleisten. Die Zugfestigkeit darf im allgemeinen nicht unter 900 kg pro qcm² gehen, die Biegefestigkeit eines guten Holzes für den Luftschraubenbau nicht unter 800 bei einem Elastizitätsmodul von 80 000.

Es muß dabei betont werden, daß die Pflege des Holzes sehr die Festigkeit beeinflußt. So kann durch scharfe Trocknung ein Stapel Holz bald wertlos werden. Das Holz muß ruhen und in langsamer Lufttrocknung für den Luftschraubenbau brauchbar erhalten werden.

Man kann sagen, daß die meisten Hölzer, welche obig genannte Festigkeiten aufweisen und sonst gute Eigenschaftenu haben, für den Propellerbau geeignet sind. Die besten Hölzer sind natürlich die überseeischen Hölzer: amerikanischer Nußbaum, Mahagoni: in seinen besseren Sorten. Bei guter Festigkeit ist natürlich auch das spezifische Gewicht ausschlag-

gebend. Das Gewicht des Propellers spielt eine Rolle, wenn sonst allen Anforderungen genügt werden.

Von deutschen Hölzern sind es namentlich folgende, die Verwendung finden:

Ahorn. Das Holz ist nicht zu grobjährig zu verwenden und muß in gut getrocknetem Zustand sich befinden. Mit Feuchtigkeitsgehalt nimmt bei diesem Holze die Festigkeit besonders stark ab. Das spezifische Gewicht kann recht gering sein mit 0,55; die Zerreißfestigkeit eines guten Ahorn ist 1100 kg bei der Biegefestigkeit von 1100 kg qcm. Auch die Druckfestigkeit ist groß, 600 kg/qcm, Elastizitätsmodul 117 000.

Birke. Die Birke ist wohl ein sehr gut zu verwendendes Holz, bei den schmalen und krummen Brettern aber im Propellerbau nicht beliebt. Die größeren Dimensionen sind teuer, da Birken meist nur schwach wachsen.

Eiche. Eine gute splintfreie Eiche, die weder Gallen noch Windbrüche hat, ist für Luftschrauben zu brauchen. Sie muß gut, jedoch nicht überhitzt oder zu scharf getrocknet werden, da sie sonst wie Esche leicht mehlig und brüchig wird. Bei einem spezif. Gewicht von 0,72 weist eine gute Eiche eine Zerreißfestigkeit von 1100 kg, bei der Druckfestigkeit von 640 kg/qcm. Biegefestigkeit einer guten Eiche ist 1000 kg/qcm, Elastizitätsmodul 90 000.

Kiefer. Das verwandte Holz muß feinjährig sein, nicht blau und harzig, sowie astrein. Bei Kiefernholz ist es gerade schwierig, astreines nicht rissiges Material zu bekommen. Es scheitern darum viel Versuche, Kiefernholz in größeren Posten im Propellerbau zu verwenden. Es empfiehlt sich, vielleicht dünnere Lagen zu nehmen, damit nicht Äste bei der Bearbeitung erst zum Vorschein kommen. Auch die Trocknung der Kiefer muß einwandfrei sein. Das Holz darf nicht zu hygroskopisch sein. Im allgemeinen hat eine feinjährige Kiefer eine gute Festigkeit. Bei dem geringen spezifischen Gewicht von 0,53 hat sie eine Zerreißfestigkeit von 900 kg/qcm, Biegung 1000 kg/qcm, bei einem Elastizitätsmodul von 110 000. Die

Druckfestigkeit ist verschieden und schwankt zwischen 500 und 600 kg qcm.

Esche. Die Esche ist neben Ahorn das am meisten im Propellerbau verwandte Holz. Sie ist jedoch wohl am schwersten zu beurteilen. Auch ihre Behandlung verlangt viel Verständnis. Es kommt für die Kenner darauf an, wann der Baum geschlagen ist. Auch wie bei jedem Baum spielt der Boden eine Rolle, wo er gewachsen. Esche wird leicht brüchig und ist sehr leicht übertrocknet. In diesem Zustand büßt sie vollkommen ihre sonst so gute Festigkeit ein. Aus verschiedenen Reißproben kann schon die Verschiedenheit des Materials der Esche geschlossen werden.

So können zwei verschiedene Eschen folgende Werte ergeben:

Zerreiß-festigkeit	Druck-festigkeit	Biege-festigkeit	Elastizitäts-modul
1400	680	1300	17 800
660	400	7000	40 000

Das Beispiel zeigt eine gute gepflegte Esche und ein scharf übertrocknetes Holz. Esche ist sehr zu beobachten und bedarf für den Luftschraubenbau guter Behandlung.

Rüster. Die Rüster ist für den Luftschraubenbau nicht mit Erfolg bisher verwandt worden. Die Festigkeitsergebnisse sind gering. Das Holz ist weich und in sich sehr verschieden.

Rotbuche. Dieses Holz wird in gut getrocknetem Zustand verwandt. Es ergibt gute Festigkeiten und ist auch in seiner Bearbeitung vorzuziehen. Seine Zerreißfestigkeit ist 1250 kg/qcm, Druckfestigkeit 600 kg/qcm, Biegefestigkeit 1000 kg/qcm, der Elastizitätsmodul 85 000.

Tanne. Auch Tannenholz ist im Propellerbau mit Erfolg zu verwenden. Bei diesem Holz muß jedoch vor allem auf den Harzgehalt gesehen werden. Fertige Propeller schwitzen bei Harzgehalt leicht denselben aus. Das spezifische Gewicht

ist bei geringerem Harzgehalt auch gering (0,5 spez. Gew.). Daher werden Propeller wie auch aus Kiefernholz gering. Zerreißfestigkeit 800 kg/qcm², Biegefestigkeit 600 kg/qcm², Druckfestigkeit 350 kg/qcm², Elastizitätsmodul 69000 kg/qcm.

Deutsches Nußbaumholz ist selbstredend genau so brauchbar wie das amerikanische Nußbaumholz. Im allgemeinen wird man immer aber auf eine Mischung deutscher mit ausländischen Holzarten zurückgreifen. Die genannten ausländischen Holzarten Nußbaum und Mahagoni sind in Festigkeit vielfach den vorhergenannten Hölzern unterlegen. So finden wir bei Sapeli, Mahagoni oft Festigkeiten von 700 kg/qcm, Zerreißfestigkeit von 600 kg/qcm, Biegungsfestigkeit von 420 kg/qcm bei einem Elastizitätsmodul von 60 000, was den Ansprüchen nicht gerecht wurde.

Noch schlechter ist das oft genannte Gaboon. Es kommt bei weitem nicht an die Festigkeitsgrenzen unserer deutschen Kiefer heran. Man muß auch in ausländischer Ware wählerisch sein. Hölzer wie Tabasko Mahagoni, Kuba, Bilinga Mahagoni, Blue Gun haben gute Festigkeit und sind bei letzteren Hölzern Festigkeiten von 220 kg/qcm Zug, 1920 kg/qcm Biegung, 800 kg/qcm Druck und Elastizitätsmodul 285 000 festgestellt worden. Vor allem sind ausländische Hölzer meist gut lufttrocken und halten sich in guter Qualität im Trocknen. Äste, Galle sind bei Mahagonihölzern nicht so zu finden wie bei unseren Holzarten. Das ist bestimmend für den Verschnitt. Es wird viel an Holz gespart.

Der im Luftschraubenbau verwandte Leim muß entweder ein guter Lederleim sein oder es kann auch ein guter Kaltleim gebraucht werden. Auch bei dem Leimbewerten ist wie bei den Hölzern die Festigkeit ausschlaggebend neben einer guten Bindefähigkeit. 50 kg/qcm Festigkeit darf nicht unterschritten werden.

Besondere Bereitung des Lederleims muß beim Luftschraubenbau beachtet werden. Die Zubereitung des Leims ist von besonderer Wichtigkeit für die haltbare Verleimung.

Alte Reste dürfen keinesfalls wieder verwandt werden. Der Leim muß etwa 15—20 Stunden in abgekochtem Wasser eingeweicht sein. Dann erst folgt das Bereiten im gezinkten Kessel bei einer Temperatur von 80°.

Bau von Luftschrauben.

Wie im vorhergehenden Kapitel erwähnt, werden zum Bau von Luftschrauben ausschließlich Hölzer verwandt. Die Versuche mit Stahlpropellern sind zu keinem Abschluß gekommen.

Die Verwendung von Holz muß natürlich eine gediegene und gute Verarbeitung eines einwandfreien Materiales

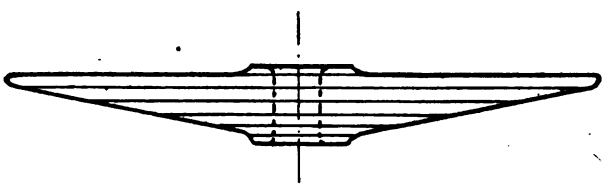


Abb. 8.

einschließen. Das beste Material kann schließlich durch schlechte Arbeit nutzlos sein, und noch dazu kann schlechte Arbeit viel Schaden herbeiführen. Daher ist der Bearbeitung immer mehr Aufmerksamkeit zu schenken. Die Kräfte wachsen immer mehr. Das Holz wird bis an die äußerste Grenze oft beansprucht, und ein kleiner Fabrikationsfehler kann oft schlimme Folgen herbeiführen.

Bekanntlich wird der Propeller in einem systematischen Arbeitsgang gefertigt, der Werdegang ist durch die einzelnen Arbeitsstätten gegeben:

1. Zuarbeitung des Holzes,
2. Verleimung,
3. Ausarbeitung,
4. Kontrolle und Feinarbeit, Naben,
5. Lackieren, Polieren.

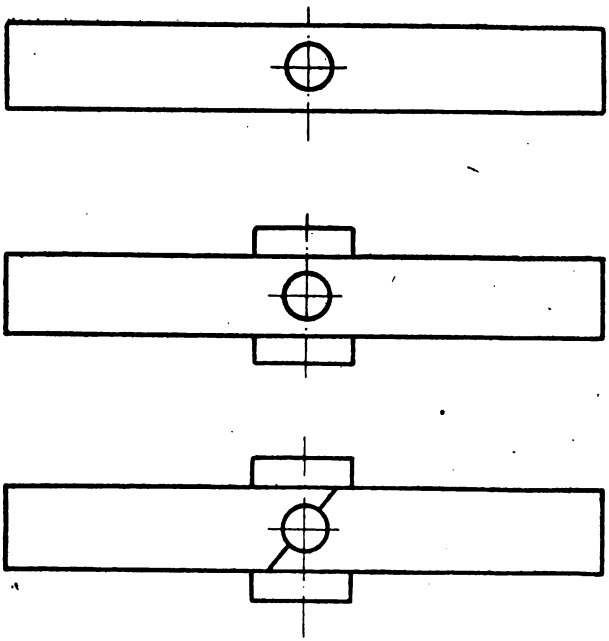


Abb. 9—11.

Jeder Propeller wird, wie Abb. 8 zeigt, aus einzelnen Lagen zusammengeleimt, die Schichten werden durch die Verleimung gegenseitig abgesperrt, um ein Arbeiten der einzelnen Lagen zu vermeiden. In den einzelnen Werkstätten erfolgt nun die Zuarbeitung.

Das abgelagerte Holz kommt zur ersten Zuarbeitung in den Werkstattraum. In demselben werden die einzelnen Lagen nach Schablonen gefertigt.

Die Lagen werden hier auf gleichmäßige Stärke beiderseitig sauber gehobelt und alsdann mit einem Rauhhobel für die Verleimung aufgerauht. Nicht immer findet man solche breiten Lagen wie die in Abb. 9 gezeichneten und muß sich

dabei mit Anleimern helfen. Bei den großen Dimensionen ist es jetzt gar nicht anders zu bewerkstelligen, um breitere Lagen zu bekommen. Man hilft sich dann in der in Abb. 10 angegebenen Weise.

Die Anleimer müssen alsdann jedoch ordnungsgemäß angeleimt sein, die einzelnen Bretter dürfen erst nach dem Befestigen der Anleimer in der Diktenhobelmaschine verarbeitet werden.

In dieser Werkstatt muß auch die Kontrolle des fertigen Materials erfolgen, denn von hier aus ist es nicht mehr möglich, die Lagen auszuscheiden. Ein einzelner Ast, der bei der Bearbeitung sich alsdann zeigt, kann zum Ausschuß des Propellers führen.

Um auch Bretter von geringerer Länge und Breite verwenden zu können, kann man auch hier sorgsam durch Laschungen verleimen. Solche Laschungen sind in Abb. 11 dargestellt. Die Verleimung muß dabei möglichst parallel der Längsfaser erfolgen.

Vor der eigentlichen Verleimung kommen die Schichten in die Trockenkammern. Die letzte Feuchtigkeit wird hier dem Holz noch entzogen, gleichzeitig werden die Lagen leimbereit gemacht. In dem trockenen Zustand nimmt das Holz natürlich den Leim auf und bekommt auf dem Wege wieder Feuchtigkeit hinzugeführt. Fachmännisch sind die Lamellen und ihre Lage zueinander zu ordnen. Auch darin liegt ein gut Teil Festigkeit in fachmännischer Anordnung. Es ist nicht richtig, die Blöcke mit einmal ganz zu verleimen. Am einwandfreiesten wird jede Lamelle einzeln geleimt. Dabei ist immer zu achten, daß der Leim nicht gerinnt, bevor der Block in die Zwingen kommt.

Ein einwandfreies Abbinden des Leimes wird erst durch eine Pressung durch Zwingen erreicht. Durch Leimpressen und Leimzwingen (Abb. 12) ist gleichmäßig ein Druck auf die gesamten Lamellenflächen zu erzielen. Am besten bedient man sich dabei einer sauber ausgeriffelten Platte, auf welche die einzelnen Lamellen geschichtet werden.

Zwischen Verleimung und Verarbeitung müssen die Blöcke naturgemäß erst lagern. Ein festes Abbinden des Leimes muß gewährleistet sein, außerdem muß vor der Verarbeitung die dem Holz zugeführte Feuchtigkeit wieder entzogen werden. Das geschieht nach Entfernen aus den Leimpressen durch 14 tägiges Lagern in normal temperiertem Raum.

Dann erst kann eine genaue Kontrolle der Verleimung stattfinden vor der weiteren Verarbeitung. Es ist besser, einen

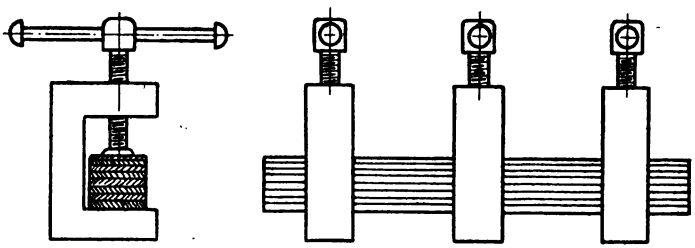


Abb. 12.

Propeller, der Anzeichen einer schlechten Verleimung zeigt, jetzt zu entfernen als nachher.

Die Verarbeitung des Propellers aus den Blöcken geschieht eigentlich ziemlich handwerksmäßig. Die Hauptkonturen werden mit Schablonen auf der Bandsäge ausgeschnitten. Die Schablonen sind den Zeichnungen entnommen. Nach genauem Ausrichten der Nabe wird an mindestens 6 über das Blatt in gleichem Radius verteilten Stellen die Steigung genau ausgearbeitet. Nunmehr kann das genaue Ausarbeiten des Propellers stattfinden. Er wird entsprechend den markierten Stellen ausgeschrubbt und geschlichtet. Sodann erfolgt das Bohren der Luftschraubennabe. Die zugehörige Bohrung muß genau und zentrisch in den Propeller eingebracht werden.

Ein Ausarbeiten kann auch durch geeignete Propellerfräsmaschinen stattfinden. Solches System erspart Arbeitskräfte und fördert gute Propeller.

Es kommt nunmehr die Kontrolle und Feinarbeit. Die Kontrolle erstreckt sich auf die Einhaltung der Konstruktion und auf die Qualität des fertigen Stückes im Material.

Die Luftschraube muß kontrolliert werden auf Durchmesser auf die Bohrung, die Propellerblätter müssen genau spuren, d. h. die einzelnen Punkte der Blätter müssen genau in einer

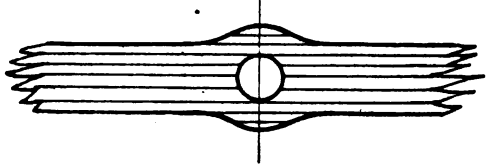


Abb. 13.

Drehebene liegen. Die Steigung muß mit der Zeichnung in allen Punkten übereinstimmen, die Profile, Breiten genau der Zeichnung entsprechen.

Das Material muß sich als fehlerlos erweisen, Risse, Windbrüche und Äste dürfen sich nicht zeigen.

Nur bei Erfüllung aller Bedingungen kann der Propeller geschlichtet werden und alle Feinarbeit an ihm vollendet werden. Eventuell ist er an der Spitze je nach dem Zweck noch mit Metallbeschlag zu versehen.

Er kommt nun in Serien in die Lackiererei oder Poliererei, wo er versandbereit gemacht wird.

Dort wird er zunächst gut geölt und gefirnißt. Dabei ist auch zu beachten, daß das Öl vor der weiteren Bearbeitung erst eindringt. Nach dem Trocknen ist er zum Lackieren fertig. Er wird mit Schellack bearbeitet, geschlichtet und auf diese Weise durch guten Lack lackiert oder poliert.

Nunmehr ist die Luftschraube versandbereit. Sie kann für das Flugzeug gebrauchsfertig gemacht werden.

Es bleibt bei der Fabrikation der Luftschrauben auch die verschiedene Verarbeitung der Lagen noch zu erwähnen.

Man kann verschiedene Arbeitsmethoden im Luftschraubenbau unterscheiden.

Die angegebenen Lagen werden schichtweise in der Drehebene aufeinandergeleimt (Abb. 8). Dieses Verfahren wird von den meisten Fabriken angewandt. Es gewährleistet bei guter Arbeit ein festes Gefüge. Bei der Konstruktion muß nur auf die Verteilung der einzelnen Lagen zu dem auf- bzw. eintretenden Kanten der Luftschraube Rücksicht genommen werden.

Die einzelnen Lagen werden schichtweise vertikal zur Drehebene verleimt (Abb. 13). Das Verfahren soll den Vorteil haben, daß bei geringer Querschnittsform ein Flattern der Luftschraube nicht eintritt. Bei diesem Verfahren muß, da eine große Leimfläche nicht geschaffen ist, besonderes Augenmerk der Verleimung geschenkt werden.

Eine dritte Methode, die bei der letzteren Arbeitsweise unbedingt angewandt werden muß, ist das Fournieren. Die Luftschraube wird dabei mit verschiedenen dünnen Sperrholzschichten über dem sauber ausgearbeiteten Propeller verleimt. Die Schichten werden quer und längs verleimt und geben der Schraube noch einen besonderen Halt.

Weitere Arbeitsmethoden finden sich noch in dem Einfügen von Sperrplatten zwischen den einzelnen Lamellen, es wird dadurch ein Absperren der einzelnen Lagen untereinander erreicht. Zweck des Verfahrens ist, möglichst das Arbeiten des Holzes ganz auszuschließen, die Luftschraube besonders fest zu machen.

Die Luftschraube am Flugzeug.

Montage am Flugzeug.

Der von der Luftschraubenfabrik fertiggestellte Propeller bedarf nun erst der Fertigstellung für das Flugzeug und der Montage am Flugzeug. Die Nabe, die die Drehkraft des Motors aufnimmt, muß nun für das Anmontieren gebrauchsfertig gemacht werden. Diese Arbeit ist früher stets unterschätzt

worden. Man hat sie von wenig fachkundigen Leuten vornehmen lassen, die Folgen sind nicht ausgeblieben. Heute wäre eine Montage der Nabe in dem fertiggestellten Propeller von einem Nichtfachmann gar nicht mehr möglich. Die auftretenden Beanspruchungen sind mit den wachsenden Kräften so groß geworden, daß nur eine gute und exakte Arbeit die Sicherheit des Einsetzens der Nabe gewährleistet.

Die Nabe, das verbindende Stück zwischen Holzpropeller und Kurbelwellenkonus, ist eine Stahlnabe. Eine Verbindung von Holz und Stahl ist recht schwer sicher zu erzielen. Das beste und ausgetrockneteste Holz arbeitet noch weiter, auch wenn die Nabe noch so gut abgesperrt ist. Das Vibrieren des Propellers beim Lauf lockert die Nabe mit der Zeit, auch die Änderung der Atmosphäre, die Feuchtigkeitserscheinungen tun das ihre, Holz und Stahlnabe zu lockern. Es ist daher nicht nur gewissenhafte Arbeit, sondern auch gewissenhafte ständige Kontrolle notwendig.

Das genaue Einsetzen der Stahlnabe ist vor allem vom richtigen Bohren der Befestigungslöcher am Flansch abhängig. Dazu wird nun die Stahlnabe zunächst in die Luftschraubennabe gesteckt und festgeklemmt. Das Ganze kommt nun auf den Auswuchtapparat. Hier wird der Propeller ausgewuchtet. Die Nabe wird so gesteckt, daß durch sachgemäße Verlegung der Propellermitte die Blätter genau laufen, die Propeller in seinem Gewicht auf beiden Flügeln genau stimmt. Er ist alsdann ausgewuchtet. In dieser auf dem Auswuchtapparat gefundenen festgeklemmten Lage wird der Propeller von dem Auswuchtapparat abgezogen und gebohrt. Dabei ist zu beachten, daß die Bohrlöcher gut zentrisch in der Nabenflucht und für die Bolzen passend gebohrt sind. Die Bolzen dürfen nicht klappern, denn sonst würden sie selbst noch zur Lockerung der Nabe beitragen; sie dürfen auch nicht zu stramm gehen, sonst müssen sie wieder stark eingeschlagen werden. Dann platzt entweder die Nabe schon beim Einschlagen auf oder sobald das Holz zu arbeiten anfängt, werden die Spannungen in der Holznabe so groß, daß dieselbe auseinandergetrieben

wird. Die Bolzen müssen leicht mit dem Holzhammer hereingetrieben werden können.

Nach genauem Bohren und Einpassen der Nabe wird dieselbe in die Holznabe der Luftschraube eingesetzt. Dieses Einsetzen muß wieder mit Hilfe des Auswuchtapparates geschehen. Der Propeller wird dabei zunächst auf die Nabe aufgesteckt. Die Bolzen des Flansches werden noch nicht festgezogen, sondern nur leicht gleichmäßig angezogen. Sodann kommt die Luftschraube auf den Konus des Auswuchtapparates und wird dort nachgespurt. Durch zweckentsprechendes Nachziehen der Propellerbolzen wird er nachdem gleichmäßig gespurt. Das heißt, die Nabe wird durch die Bolzen so gerichtet, daß jedes Blatt an dem Spurstift genau vorbeigeht.

Ein Nachlassen der Bolzen dabei ist nicht angängig. Es muß der Bolzen angezogen werden und zwar richtig für das Spuren. Ein nicht fachmännisches Anziehen kann schon von vornherein die Nabe lockern lassen, bei kleinster Spannung und Belastung.

Nach Sicherung aller Bolzen und Schrauben ist der Propeller für das Flugzeug gebrauchsbereit.

Er wird nun auf den Motorzapfen montiert oder an der Flanschkupplung angesetzt. Die Montage auf den Konus des Motors muß auch sorgsam vor sich gehen. Der Konus ist vor dem Aufbringen der Luftschrauben leicht einzufetten, um ein Festfressen zu vermeiden. Da der Konus auf der Motorwelle angedreht ist, so ist ein Festfressen immer mit Unbrauchbarwerden des Motors verbunden, daher sollte man sich beim Aufbringen vorsehen. Durch die geeigneten Muttern ist der Propeller sodann festzuziehen. Mit einem großen Schlüssel ist die feingängige Schraube des Motorkonus anzuziehen und zwar so fest, als es nur geht. Gute Sicherung aller drehenden Teile durch Splinte oder sonstige Hilfsmittel ist nie zu vergessen und vor jedem Fluge sind dieselben zu kontrollieren.

Peinlichkeit und fachmännische Aufsicht können viel Unglück vermeiden. Kleine Fehler werden bei den freiwerdenden Kräften oft große Wirkungen nach sich führen.

Anordnung und Wahl der Luftschraube.

Die Anordnung der Luftschrauben ist dem Zweck des Flugzeugs entsprechend. Die ganze Konstruktion des Flugzeugs baut sich meist auf die Anordnung des Treibmittels auf.

Im Luftschraubenbau hat man Zug- und Druckluftschrauben. Die Ausdrücke selbst sagen dem Leser, daß die eine Luftschraube das Flugzeug zieht, die andere drückt. Die Zugschraube ist ja weiter nichts als eine Druckschraube, denn nur vermöge ihrer Druckseite äußert sie einen Zug, während die andere eben einen Druck äußert. Der Wirkungsgrad beider Propeller ist je nach Konstruktion der gleiche. Mit einer Zugschraube kann man das gleiche Resultat erreichen, dabei ist allerdings zu bedenken, daß die Propeller so angeordnet sind, daß ihre Wirkungsweise nicht behindert wird. Das geht nicht immer zu vermeiden. Beim Zugpropeller wird die Wirkung vermindert durch die hinter dem Propeller liegende Maschine und dem Rumpf, der dem nach hinten abgeleiteten Luftstrom ein gewisses Hemmnis entgegensetzt. Beim Druckpropeller ist es der vor dem Propeller liegende Teil einer Gondel oder noch zudem die hinter ihm liegenden Teile, die sich hemmend den Stromverhältnissen entgegensetzen. Es sind hier gewissermaßen gleiche Verhältnisse wie im Schiffbau. Hier ist es der bauchige Schiffskörper, der das Zuströmen des Wassers behindert. Es treten hier durch die Bildung eines sehr in Betracht kommenden Vorstromes noch kompliziertere Verhältnisse ein.

Zum Teil haben wir bei der Anordnung mancher Druckpropeller schon solche Verhältnisse. Durch Gondel- und Rumpflinien bilden sich Stromlinien der abgeleiteten Luft, die oft durch die sogenannten Windschatten eine einseitige Belastung des Propellers ergeben. Solche Verhältnisse ergeben alsdann Verstärkung der Flügelblätter und daher ungünstige Formgebungen für den Wirkungsgrad des Propellers.

Sowohl als Zug- wie auch als Druckschrauben hat man Einschrauben- wie Mehrschraubenanordnung. Die alten Farman mit Gitterrumpf sind die einschlägigsten Typen des Druck-Einschraubers, die modernen S-Flugzeuge zeigen die Mehrschraubenanordnung der Druckschrauben.

Wiederum haben wir in jedem kleineren modernen Flugzeug einen Vertreter des Zug-Einschraubers, in R-Flugzeugen öfter Zug-Mehrschrauben.

Die Wahl liegt in der Konstruktion des Flugzeugs begründet. Gesetzmäßigkeit läßt sich nicht feststellen auf Grund von empirischen Resultaten.

Die Luftschraube ist dem Zweck des Flugzeugs entsprechend zu wählen. Für einen bestimmten Apparat gibt es nur eine Luftschraube, die die beste Wirkung erzielt.

Da von Flugzeugen Spezialzwecke erreicht werden sollen, so sollen entweder gute Steigleistungen erzielt oder große Geschwindigkeiten, große Tragkraft erreicht werden.

Für alle diese Zwecke ist es nicht möglich, eine Luftschraube zu konstruieren. Es wird der eine Faktor in den Vordergrund treten und der andere vernachlässigt werden müssen, unter diesen muß ein Kompromiß geschlossen werden. So hängt auch die Wahl der Luftschraube von dem Spezialzweck, den man erreichen will, ab. Abgesehen von den verschiedenen Pferdestärken, Umdrehungszahlen spielt also die Konstruktion des Flugzeuges eine Hauptrolle bei der Wahl einer Luftschraube. Man kann nicht einfach sagen, das Flugzeug ist mit einem 160 PS.-Motor ausgerüstet, der 1400 Touren macht und braucht daher eine Schraube von 280 m Durchmesser und 180 m Steigung. Diese würde nicht genügen bei einem speziellen Flugzeug mit guter Steigleistung und hoher Geschwindigkeit.

Die Konstruktion des Flugzeuges basiert auf den Widerstandsverhältnissen. Je nach seinem Konstruktionszweck werden die aufgewandten Pferdestärken in verlangte Geschwindigkeit oder Steigleistung oder Schleppleistung bei dem entsprechenden kleinsten Widerstand umgewertet.

Diesem Widerstand muß die Luftschraube durch die Ausübung ihres bestimmten Zuges sich anpassen.

Die Umwertung erfolgt damit durch die Luftschraube, die in ihrer Kraftwirkung lediglich eine Funktion der Geschwindigkeit, der Steigleistung oder Schleppleistung ist.

Dem Konstruktionswert des Flugzeuges ist also die Luftschraube anzupassen. Das wird vielfach verkannt. Man achtet

Flugzeugtyp	Motor PS.	Geschwindigkeit der Flugzeuge	Drehzahl Stand	Drehzahl Luft	Durchmesser	Steigung	Breite	Stand Zug kg	Gewicht kg
Doppeldecker schwere Type	100/110	80—100	1280	1400	265	150	23	320 340	18
Doppeldecker, leichte Type	100/110	120	1280	1440	270	160	22	370	18
Doppeldecker, schwere Type	150/160	120	1300	1400	280	170	22	440	20
Doppeldecker leichte Type	160	130	1300	1400	280	180	22	480	20
Doppeldecker	220	140	1300	1400	300	180	24	620	32
Leichte Einsitzer	160	160	1400	1400	280	210	22	440	18
Großflugzeuge	260	125	1250	1400	310	180	25	700	38

nur auf die PS.-Zahlen, die der Schraube aufgeschlagen sind und nicht auf den sozusagen inneren Wert, auf die Zugwirkung, die sie haben muß, um den Widerstand des Flugzeuges zu überwinden. Die Zugwirkung wird jedoch nur im Fluge erkannt. Man versucht relativ dieselbe durch Standversuche auf dem Boden zu erkennen. Dabei wird der Propeller auf seine Standdrehzahl bei der bestimmten Drehkraft geschleudert und in seinem Zug gemessen. Das Mittel ist jedoch recht primitiv und können sich bei dem Vergleiche der einzelnen Typen nur relative Werte erkennen lassen. Diese lassen oberflächlich erkennen, ob diese oder jene Luftschraube für den betreffenden Zweck geeignet ist. Zusammen mit Flugerfahrungen ergeben sie die Praxis, die geeignete Luftschraube für das Flugzeug zu wählen. So ist man für gängige Motoren und Flugzeugtypen zu folgenden Werten gekommen.

Prüfung der Luftschrauben im Fluge.

Die Prüfung der Luftschraube im Fluge ist deshalb schwierig, weil sie meist von dem Urteil des Flugzeugführers abhängt, das nicht immer rein objektiv ist. Eine solche Prüfung darf daher nie ohne geeignete Instrumente stattfinden, um die Flugleistung einer Luftschraube festzustellen.

In erster Linie bedarf man eines guten Barographen, um die Steigleistung zu ersehen. Ein guter Geschwindigkeitsmesser ist das wesentlichste Instrument. Dieses gibt die Geschwindigkeit des Flugzeuges gegen die umgebende Luft an. Diese Geschwindigkeit ist nicht die Fahrt über Grund. Ein guter Tourenzähler muß die Tourenzahlen des Motors einsehen lassen. Dabei ist der Tourenzähler zu kontrollieren, da bekanntlich diese Instrumente mehr oder weniger Fehler aufweisen. Am geeignetesten ist es, wenn alle Instrumente die Werte graphisch auftragen, die Kontrolle ist dabei am besten gegeben.

Vor der Prüfung ist genauestens das Flugzeug selbst sowie der Motor zu kontrollieren. Das Flugzeug ist in dem Anstellwinkel der Tragflächen und der Steuerorgane nachzumessen, der Motor durch einen Bremsflügel abzubremsen,

um festzustellen, welche Leistung er tatsächlich hat. Diese Bremsschraube, die für diesen Zweck gebraucht wird, ist ein dicker, fester Holzpropeller, der genau geaicht ist. Für eine Motortype ist eine bestimmte Schraube, deren Normaldrehzahl festgelegt ist, zugehörig. Diese Drehzahl muß alsdann durch den Motor erreicht werden, wenn der Motor die entsprechende Leistung hergeben soll. Nur bei einem solchen Gang der Prüfung ist dieselbe als objektiv anzusehen.

Der Flugzeugführer läßt sich zu sehr durch Äußerlichkeiten beeinflussen. So wird der Glauben oft erweckt, daß bei Erhöhung der Touren die Leistung der Luftschraube zunimmt. Die Leistung nimmt aber bedeutend schneller ab, wie die Leistung des Motors dadurch zunimmt. Man darf also die Leistung einer Schraube nicht nach der Tourenzahl beurteilen. Das Tourenaufholen ist bei vielen Typen nicht einmal notwendig, wie im Kapitel „Wirkungsweise" dargestellt.

Auch das übermächtige Ziehen des Flugzeuges ist nicht von Vorteil für die Steigleistung der Schraube. Das Flugzeug verliert durch das Heruntergehen der Tourenzahl zu sehr an Geschwindigkeit. Die Schraube bekommt auch hier eine schlechtere Leistung, noch dazu wenn der Motor in den Touren nachläßt und sich auch dessen Leistung verschlechtert.

Die beste Flugleistung für größere Höhen wird man wiederum erzielen, wenn man noch Reserve im Motor hat. Die Schraube wird in geringen Höhen zu hohe Touren machen, der Motor wird gedrosselt, geflogen, um in größeren Höhen mit offener Drossel seine volle Drehkraft auf die Schraube zu übertragen.

In jeder Lage, beim Horizontalflug in verschiedenen Höhen, bei verschiedenen Drehzahlen im Steigen, oder bei verschiedenen Belastungen muß ein Versuchspropeller ausprobiert werden.

Alle diese Gesichtspunkte sind bei einer Prüfung besonders zu beachten. Einzelne Typen sind im Fluge so zu vergleichen, um einwandfreie Resultate zu erhalten.

Der für das Flugzeug geeigneteste Propeller wird im Fluge als derjenige gefunden, der die Drehkraft am vorteilhaftesten in den tatsächlichen Zweck des Flugzeugs umsetzt.

Behandlung der Luftschrauben.

Von der Behandlung der Luftschrauben hängt ihre Lebensfähigkeit ab, soweit nicht ein Kopfstand frühzeitig sie ausscheidet.

Luftschrauben müssen in trockenen, luftigen Räumen, die nicht überhitzt sind, aufbewahrt werden. Sie werden mit der Nabe auf einen Holzpflock gesteckt und frei schwebend aufgehängt. Die Nabe muß leicht eingefettet werden, um sie vor Rosten zu schützen. Man kann auch die Luftschraube liegend auf einem Gestell aufbewahren; sie liegt alsdann mit den dicksten Teilen nahe der Nabe auf mit Filz beschlagenen Pflöcken des Gestells.

Bei anhaltend trockenem Wetter zieht sich das Holz der Schraube zusammen, bei feuchtem Wetter quillt es. Es muß daher die Nabe nach jedem Witterungswechsel geprüft werden. Die Bolzen müssen nachgezogen oder gelockert werden, je nachdem das Wetter trocken oder feucht war. Ein Reißen der Nabe ist sonst leicht zu befürchten. Der Propeller ist nach jedem Nachziehen der Schrauben von neuem nachzuspuren.

Am Flugzeug ist die Luftschraube in Segeltuchbezug einzuhüllen und vor Regen und Nässe dadurch zu schützen. Sie muß stets sauber gehalten werden, auch am Flugzeug sind die Nabenteile gut einzufetten.

Nach Flügen im Regen oder Hagelschlag ist der Propeller genauestens zu untersuchen, die aufgerauhten Kanten durch Abschleifen und Überlackieren wieder herzurichten. Unnötiges Abziehen des Propellers muß vermieden werden. Erst wenn der Propeller bedürftig ist, ganz überholt zu werden, kann er von der Maschine genommen werden.

Ständig ist die Nabe zu kontrollieren wie vordem angegeben.

KF
ممالك شرقيه وجنوبيه يه مخصوص
[طياره پروانه فابريقه سى]
فابريقه‌لك معمولاتى: مكملتى ومؤثرات
هوائيه‌ده صوك درجه‌ده مقاوم اولمسيه
قايرايدر.
KURT FLIEGEL PROPELLERBAU
G/M/B/H/ D.R.P./D.R.P. POTSDAM FERNR: 2465 DRPA·DRPA
SONDERHERSTELLUNG: EXPLOSITIONSSICHER / UNLÖSLICHER METALLBESCHLAG / SCHNELLAUFER / WASSERSCHRAUBEN IN HÖCHSTER VOLLENDUNG U. FESTIGKEIT / LIEFERUNGEN AN HEER U. MARINE DES IN U. AUSLANDES

ANKER
PROPELLER
GENERALVERTRIEB DER DEUTSCHEN ANKER-PROPELLER
ARTHUR GÄRTNER
Fernruf: Amt Adlershof 92
Telegr.Adr.: Ankerpropeller Adlershof
ADLERSHOF BISMARCK-STRASSE 4.
Leistungsfähigkeit: ca 1000 Propeller im Monat
Propeller-Ausstellung in Johannisthal
6

Eingetragene Schutzmarke

Größtes Spezialwerk in Luftschrauben

Lieferantin der Kaiserl. und Königl. deutschen und osmanischen Militär- und Marinebehörden sowie der gesamten Flugzeugindustrie

Fernsprecher: Amt Tegel 232 und 432
Telegramm-Adresse: Luftschraube Berlin

HUTTENLOCHER PFEILSTANDMESSER

SYSTEM LAUFER

Rostschutzpräparate

Metallacke, Maschinenöle, Fette, Stahldrahtbürsten und -Besen, für alle Zwecke, Feilen - Werkzeug - Hammerhefte, Schienenbesen, Bindfaden, Einschleifmittel für Maschinen. — Alle Fabrikbedarfsartikel.

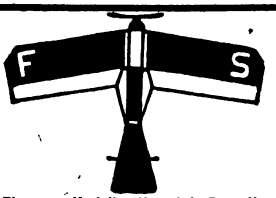
Arthur Pinkes, Berlin W 62

Courbiere-Straße 70 — Telephon Moabit 3768

Drahtwort: Hüttenpinkes, Berlin — Reichsbank-Giro-Konto

LUFTSCHRAUBEN

SALZMANN & SOHN - BERLIN



Flugzeug-Modelle, Material, Propeller, Bambus, Panzerräder, Spannschrauben usw.

Pressluftmotore
Stahlfedermotore

Fritz Saran, Berlin W 57

Verkaufsstelle der von der Inspektion der Fliegertruppen zum Modellbau freigegebenen Materialien

Potsdamer Straße 66

Illustrierte Preisliste Nr. 15² 10 Pfg.

EDUARD GRIMM

Tel. Moritzpl. 2608 — **Berlin S 42** — Ritterstr. 111/12

Flugzeugteilbau

Spezialität: Propellerhauben, Seilräder, Seilscheiben, Seilführungsrollen mit und ohne Kapseln aus allen Metallarten.

Bergische Stahl-Jndustrie G.m.b.H.

Werksgründung 1854 — **Gußstahlfabrik Remscheid** — Werksgründung 1854

Zentrale für Stahl
Telegramm-Adresse:
Stahlindustrie Düsseldorf

Düsseldorf, Uhlandstr. 3
Fernsprech-Anschl:
№ 8, 5957, 8756 u. 8757.

Hochwertiger Konstruktions-Stahl

für die Automobil-, Flugzeug-, Motorpflug-, Motoren- und Maschinen-Jndustrie.

Werkzeug-Gußstahl

in altbewährten Spezial-Qualitäten für die verschiedensten Verwendungszwecke.

PROPELLER

FRANZ RESCHKE G.m.b.H.
BERLIN. S.O. COTTBUSSER UFER 7.

TELEGRAMMADRESSE: „PROPELLER BERLIN."

Photohaus Gg. Leisegang

Berlin

Tauentzienstr. 12 · Schloßplatz 4 u. 5

Steinplatz 7758 u. 7713 Centrum 2160

Photo-Apparate

Photo-Objektive

Fliegerkameras

Tele-Objektive

für Heer und Marine

Abt. Antiquariat: Ankauf und Tausch photographischer Apparate etc.

Lieferung neuer Apparate, alte werden in Zahlung genommen.

Imberg & Dessen G. m. b. H., Berlin SW 48

„PROPULSOR"-

Luftschrauben

Spezialtypen für
Kampf- und
Gross-Flugzeuge

Deutsche Luftschrauben-Gesellschaft
m. b. H.
Fernspr. 151 **Neukölln, Reuterplatz 2** Fernspr. 151
Telegramme: Propulsor Berlin

ABT. 1:
PERSONENWAGEN
AUFBAUTEN
ABT. 2:
GESCHÄFTSWAGEN
AUFBAUTEN
ABT. 3:
LASTWAGEN-
AUFBAUTEN
ABT. 4:
FLUGZEUG-
CARROSSERIE
CARROSSERIE SCHEBERA
BERLIN TEMPELHOF

Stockton, Calif.

M170850
TL705
H3

THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY